



36^e

Congrès National
de Médecine &
Santé au Travail

Du 14 au 17 juin 2022
Palais de la Musique et des
Congrès de **Strasbourg**

METROLOGIE DES AEROSOLS DE SILICE DANS LE BTP : STRATEGIE MULTI-ETAPES

Vanessa Marques Da Silva - Doctorante, PharmD

Directeur de thèse : Pr Pascal Andujar - PU-PH en Pathologies Professionnelles

INSERM, U955, Institut Mondor de Recherche Biomédicale, équipe GEIC20, Créteil, France

GEIC₂₀

Contexte



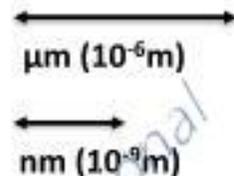
- **Bâtiment** : construction d'un édifice
- **Travaux Publics** : construction et entretien d'infrastructures (ponts, route, voies ferrées)



- **900 124 ouvriers** *Observatoire des métiers du BTP, 2020*
- Exposition potentielle quotidienne à des **aérosols**



- **Aérosols** provenant de la mise en œuvre de matériaux **nanostucturés ou non**
- **Particules** contiennent des assemblages de différents éléments mais **SiO₂** * majoritaire



* *Dioxyde de Silicium*

Aérosols de SiO₂ dans le BTP

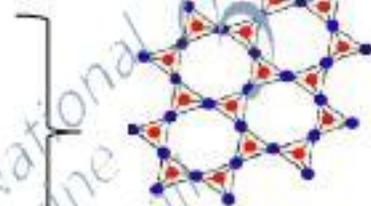


Matériaux non-nanostructurés

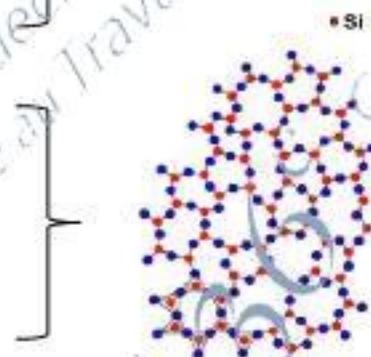
- Opérations de sablage
- Outils rotatifs à vitesse rapide (Béton, ciment, céramique)

Matériaux nanostructurés

- Nanoparticules (NPs) de SiO₂ utilisées principalement comme agent de charge (Bétons projetés, vernis et peintures)



SiO₂ cristalline (Quartz)
VLEP* (Quartz) = 0,1 mg/m³



Non spécifique !

SiO₂ amorphe
VLEP* (poussières alvéolaires totales)
= 3,5 → 0,9 (07/23) mg/m³



*VLEP : Valeur Limite d'Exposition Professionnelle

NPs de SiO₂ dans le BTP



Améliorer la connaissance des données métrologiques des nanomatériaux spécifiquement dans le BTP

Action 1.12 du Plan Santé Travail 3 (2016-2020)

Avis du GT silice, ANSES (avril 2019)

« Dangers, expositions et risques relatifs à la silice »



PURE-SNOW*

(APR ANSES
2018/1/094)



Volet Métrologie



en collaboration



*PURE-SNOW : Pulmonary remodeling after exposure to silica nanoparticles in construction Workers

Stratégie multi-étapes

1. Pré-repérage hors site des situations d'exposition les plus émissives en NPs de SiO₂

- Analyse de la littérature
- Enquête auprès des professionnels du BTP, Médecins du Travail, Toxicologues, Hygiénistes industriels



2. Repérage sur site (mesures principalement en temps réel), Hauts-de-France

- Screening des tâches les plus exposantes et confirmation préliminaire de la présence de NPs de SiO₂ en MEB-EDX

Objectif : 20-30 situations



3. Campagnes ciblées sur le terrain, Ile-de-France

- Prélèvements individuels et d'ambiance (champ proche - champ lointain) et caractérisations physico-chimiques des NPs de SiO₂ en MEB- et MET-EDX

Objectif : ≥10 chantiers/cimenteries avec ≥2 prélèvements (salarié/ambiance)

1.1



Pré-repérage hors site

Synthèse des tâches d'intérêt

Structure et gros œuvre

Maçons :

- Ponçage de béton (maçons finisseurs)
- Pulvérisation de béton projeté
- Piochage/burinage de murs
- Préparation des mortiers/béton

Second œuvre

Couvreurs :

- Découpe de tuiles en ardoise ou « oranges »

Carreleurs :

- Découpe de carrelage à la disqueuse

Cuisinistes/ marbriers/ granitiers :

- Découpe à la scie circulaire
- Finition de plan de travail en pierre reconstituée

Travaux Publics

Terrassiers/ canaliseurs/ ouvriers des Travaux Publics :

- Découpe de bordures à la scie circulaire

1.2



Repérage sur site : « screening », Hauts-de-France

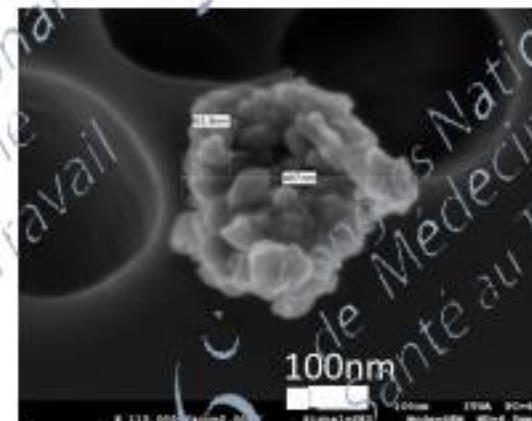
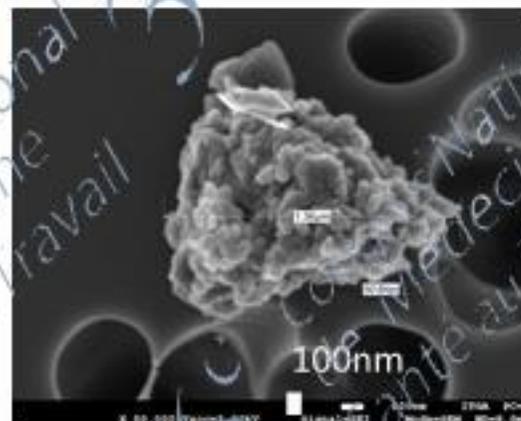
Analyses en microscopie électronique à balayage
Couplée à une analyse élémentaire par diffraction X



Structure
et gros œuvre

Maçons :

→ Ponçage de mur en béton à sec



Taille et forme : particules d'un diamètre de 50 à 100 nm sous forme d'**agglomérats/agrégats** et des particules plus grosses d'aspect lisses ou rugueux agglomérées/agrégées sur lesquelles viennent s'agglomérer/agréger des particules nanométriques.

Composition : particules contenant majoritairement du **Si** et du **Ca**, avec parfois des traces d'éléments courants (Na, Mg, Al, S et K).

1.2



Repérage sur site : « screening », Hauts-de-France

Analyses en microscopie électronique à balayage
Couplée à une analyse élémentaire par diffraction X

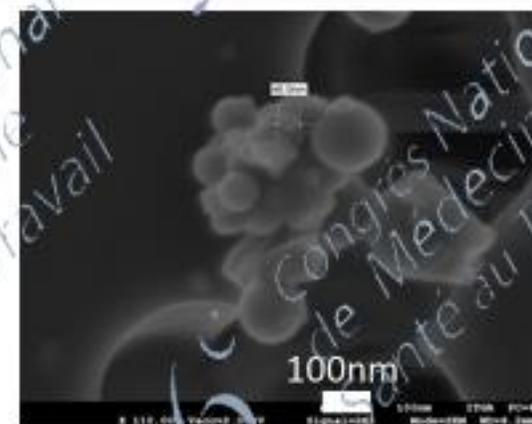
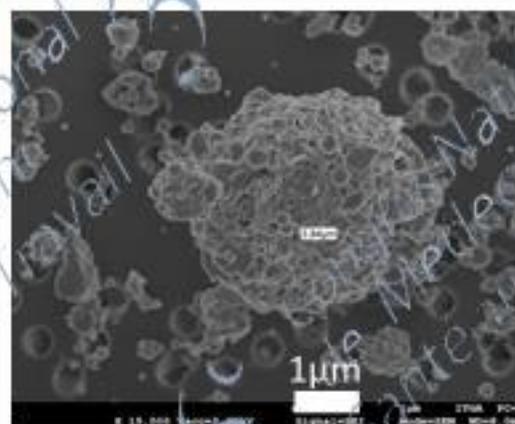


Structure
et gros œuvre



Maçons :

- ✓ Pulvérisation de mortier projeté à sec



Taille et forme : particules **sphériques** d'un diamètre de **30 à 250 nm** isolées ou sous forme d'**agglomérats/agrégats** et des particules d'aspect rugueux agglomérées/agrégées aux particules sphériques.

Composition : particules contenant majoritairement du **Si** et du **Ca**, avec parfois des traces d'**Al** et de **Na**.

1.2



Repérage sur site : « screening », Hauts-de-France
 Analyses en microscopie électronique à balayage
 Couplée à une analyse élémentaire par diffraction X

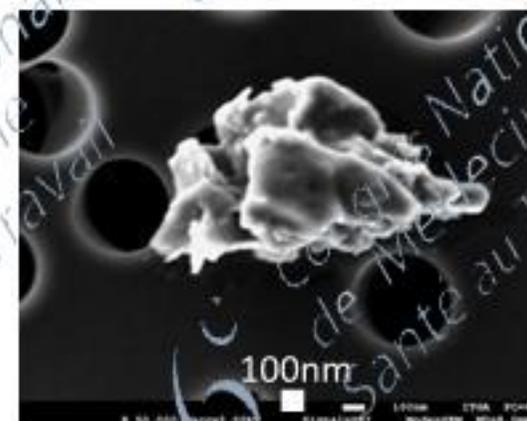
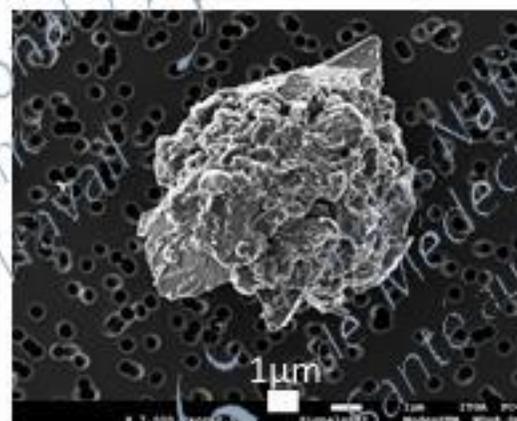


Travaux Publics



Terrassiers/ canaliseurs/ ouvriers des
 Travaux Publics :

- ✓ Découpe de bordures à la scie circulaire à l'humide



Taille et forme : agglomérats partiellement nanostructurés.

Composition : particules contenant majoritairement du Si et du Ca, avec des traces d'éléments courants (Al, Mg, K, Na, Fe, S, Cl).

1.3



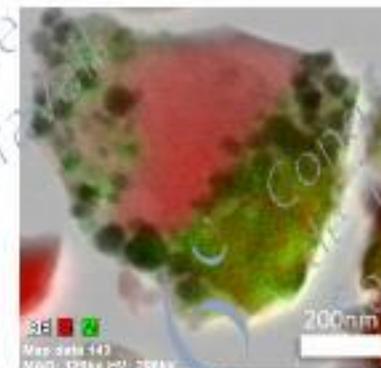
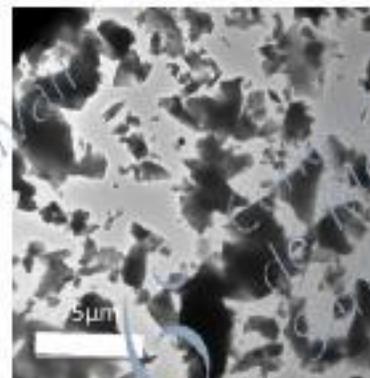
Campagnes ciblées sur le terrain, Ile-de-France
 Analyses en microscopie électronique à transmission
 Couplée à une analyse élémentaire par diffraction X



Second œuvre

Couvreur :

- ✓ Découpe de tuiles en terre cuite à sec



Taille : taille variable entre **200nm** et **2µm** de diamètre.

Composition : particules contenant majoritairement du **Si** et de l'**Al** (sous forme de SiO_2 ou Si-Al – l'**Al** peut recouvrir certaines particules de SiO_2 .)

PURE-SNOW
(APR ANSES
2018/1/094)

Volet Métrologie

- Confirmation de la présence de NPs de SiO_2 lors d'opérations de découpe de matériaux
- Identifier la **forme** de ces NPs (cristalline / amorphe ?)
 - Collaboration avec la plateforme nano-sécurité du **CEA** pour analyses en STEM-EDX



**Améliorer la connaissance des données métrologiques
des nanomatériaux spécifiquement dans le BTP en apportant :**



- Des éléments de discussion sur les VLEP
- Prévention adaptée sur le terrain selon les situations d'exposition

Team GEIC₂O

- Pr Pascal Andujar
- Dr Sophie Lanone
- Dr Jeanne Tran Van-Nhieu
- Pr Jean Claude Pairon
- Dr Yuli Watanabe
- Pierrick Montagne
- Alice Da Silva
- Anna Zerdoug
- Justine Frédoc

- Julia Fonseca
- Zhuyi Lu
- Marion Blayac
- Danushki Herath
- Charlie London
- Benjamin Simmoneau
- Cristina De Franceschi
- Rachid Souktani
- Marie-Laure Franco-Montoya



Services de Santé au Travail (AST et PST)



- Jamila Boudjema (AST)
- Dr Stéphanie Pinte (AST)
- Axelle Treiber (PST)
- Dr Christian Morel (PST)



Laboratoire SPSE-LAFP

Laurent Martinon

- Clémence Mathieu
- David Escobedo
- Karine Beugnon
- Marko Stepanovic



ITGA



- Martine Chouvet
- Ronan Tartivel
- Raphaël de Thoury

CRAMIF

- Catherine Hédouin-Langlet
- Collaboration avec Davy Rousset



Financement du contrat doctoral
Parcours doctoral national en
Santé-Travail de l'EHESP

Remerciements !



Financement de PURE-SNOW
ANSES (APR 2018/1/094)



36^e

Congrès National de Médecine & Santé au Travail

Du 14 au 17 juin 2022
Palais de la Musique et des
Congrès de **Strasbourg**

Merci de votre attention !

vanessa.marques-da-silva@inserm.fr

SiO₂ dans le BTP

Origines / Formes	Cristalline	Amorphe	
Naturelle	<p>Quartz : Extraction des sables et roches siliceuses (carrières) Préparation matières premières (cimenteries) Mise en œuvre des matériaux (bétons, ciments, céramiques) Agents de charge (peintures)</p>	<p>Diatomites : Agents de charge (peintures) Isolants</p>	
Synthétique	<p>Diatomites calcinées : Isolants</p>	<p>SAS* (voie humide) Colloïdales : Agents de charge (vernis, peintures) Revêtements des sols (propriétés antisaissantes et antistatiques) Précipitées : Agents de charge (bétons projetés) Geis de silice : Isolants thermiques et phoniques</p>	<p>SAS* (voie thermique) Pyrogénées : Agents de charge (peintures) Charges de renforcement (élastomères, silicones) Fumées de silice : Incorporé dans les bétons haute performance (propriétés de fluidité, résistance à la compression et diminution de la perméabilité)</p>

*Silices Amorphe de Synthèse